

ОТЗЫВ

**председателя диссертационного совета Бисярина Михаила Александровича
на диссертацию Симакова Евгения Сергеевича на тему «Излучение
пучков заряженных частиц в присутствии проводящих гофрированных
структур с малым периодом», представленную на соискание учёной степени
кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. Радиофизика**

Главной целью диссертационной работы Симакова Е.С. является исследование электромагнитного излучения, генерируемого пучками заряженных частиц при их движении вблизи проводящих гофрированных структур. Актуальность выбранной темы обусловлена, прежде всего, тем, что рассматривается нетипичный диапазон спектра излучения, когда длина электромагнитной волны существенно превышает период гофрирования. Как справедливо отмечено в литературном обзоре диссертации, данный частотный диапазон ранее подробно не исследовался. При рассмотрении похожих задач основное внимание, как правило, уделялось ситуации, когда длина волны излучения сравнима с периодом структуры (либо меньше его). В этом диапазоне генерируется излучение Смита-Парселла, детально изученное в электродинамике периодических структур.

Стоит отметить, что обоснованность выбора темы диссертации в полной мере подкрепляется её результатами. Автор показал, что исследование относительно длинноволновой части спектра представляет немалый интерес не только для развития теоретической базы, но и для потенциальных приложений. При этом генерируемое зарядом излучение принципиально отличается от излучения Смита-Парселла. В частности, в работе показано, что пучок заряженных частиц, движущийся вблизи планарной гофрированной структуры, может возбуждать поверхностные волны, распространяющиеся вдоль структуры. В результате исследования электромагнитного поля поверхностной волны установлено, что при определенных условиях структура поля отражает форму и длину пучка, то есть, данное излучение может быть полезно для развития методов диагностики пучков. Существенно отметить, что поверхностные волны генерируются именно в рассматриваемом частотном диапазоне, то есть, на длинах волн, существенно превышающих период гофрирования.

В диссертации исследуются несколько видов гофрированных структур: планарная поверхность в приближении мелкого и глубокого гофрирования, цилиндрический волновод с глубокогофрированной стенкой и аналогичный волновод с открытым концом. При этом аналитическое описание гофрированной поверхности проводится с помощью так называемых эквивалентных граничных условий (ЭГУ), учитывающих особую анизотропию структуры. Подчеркнем, что применение данного метода оправдано только в ситуации, когда период гофрирования мал по сравнению с длиной волны электромагнитного излучения.

Первые две главы диссертации посвящены исследованию безграничной планарной гофрированной поверхности. В первой главе рассматривается ситуация, когда глубина структуры много меньше длины волны (мелкое гофрирование), а во второй – когда глубина имеет тот же порядок, что и обратное волновое число (глубокое гофрирование). В обоих случаях анализируются два варианта движения пучка: вдоль структуры и сквозь неё (перпендикулярно её плоскости). Показано, что при продольном движении заряд генерирует поверхностные волны, а при сквозном – как поверхностные, так и объёмные волны. Решение каждой задачи строится с помощью метода ЭГУ аналитически и затем исследуется асимптотически.

ЭГУ для мелкой и глубокой гофры ставятся принципиально по-разному. В этой связи стоит упомянуть, что мелкогофрированная структура описывается двумя импедансами, каждый из которых является малым параметром задачи, а глубокогофрированная – одним ненулевым импедансом, который может принимать сколь угодно большие значения. Как показал автор, данное различие существенно сказывается на свойствах генерируемого излучения. Так, электромагнитное поле поверхностной волны, возникающей в случае мелкого гофрирования, представляет собой импульс, по форме которого можно судить о распределении заряда в пучке, а по его длине – о размере пучка. В случае глубокой гофрировки заряд генерирует более мощное поверхностное излучение, но при этом структура поля поверхностной волны имеет весьма сложный вид. Однако и в этой ситуации сохраняется возможность диагностики пучков, например, когда заряд движется вдоль глубокогофрированной поверхности со скоростью, близкой к скорости света.

Третья глава диссертации посвящена исследованию волноводных гофрированных структур. В первой задаче главы анализируется поле пучка, движущегося вдоль оси бесконечного цилиндрического волновода с глубокогофрированной стенкой. Показано, что поле излучения состоит из бесконечного набора собственных волноводных мод. Приводятся результаты численного счета для поля отдельной моды.

Далее исследуется дифракция первой моды на открытом конце цилиндрического глубокогофрированного волновода при наличии фланца. При решении данной задачи применяется метод Винера-Хопфа-Фока. В результате получаются аналитические выражения для поля в дальней зоне (вне волновода), строятся и анализируются типичные диаграммы направленности излучения. Показано, что они, как правило, имеют несколько максимумов, число которых тем больше, чем больше количество распространяющихся мод, отраженных от открытого конца волновода. Диаграмма направленности заметно видоизменяется при варьировании геометрических параметров структуры и скорости движения пучка.

Замечания

1. Формулировки выносимых на защиту положений имеют структуру «Исследование...показывает». Более удачной выглядела бы формулировка типа «Излучение...обладает следующими свойствами:».

2. При постановке задачи следовало бы отметить, что объёмная плотность заряда и плотность тока (например, формулы (1.2.1), (3.1.2)) не задаются независимо, а связаны уравнением непрерывности.

Указанные замечания не умаляют научной значимости работы. Диссертация представляет собой завершенное научное исследование, содержащее новые результаты, имеющие существенное значение для развития теоретических представлений о процессах излучения зарядов вблизи периодических структур. В то же время, результаты работы могут быть полезны и с практической точки зрения. Здесь, помимо развития методов диагностики пучков частиц, стоит отметить, что гофрированный волновод может служить альтернативой гладкому волноводу с диэлектрическим заполнением, который применяется в методе кильватерного ускорения заряженных частиц. Кроме того, гофрированный волновод с открытым концом может использоваться в качестве источника излучения в открытое пространство.

Достоверность полученных результатов обусловлена последовательным применением надежно обоснованных методов электродинамики, теории дифракции и математической физики. По материалам диссертации опубликованы пять статей в журналах, входящих в базы WoS, Scopus и РИНЦ. Основные результаты докладывались на международных и российских конференциях.

Представленная работа соответствует требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 №11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете». Нарушения пунктов 9 и 11 указанного документа не обнаружено.

Ввиду вышесказанного можно заключить, что диссертация Симакова Евгения Сергеевича «Излучение пучков заряженных частиц в присутствии проводящих гофрированных структур с малым периодом» соответствует всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. Радиофизика, а её автор заслуживает присуждения данной учёной степени.

Председатель диссертационного совета,
доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник кафедры радиофизики
Санкт-Петербургского государственного университета

Бисярин М.А.

25 октября 2024 года



25.10.2024

